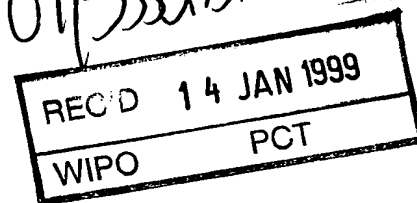


DE 98/03254

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



Bescheinigung

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat
eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Anordnung zum Korrigieren des
Signalpegels mindestens eines von mehreren
Übertragungsbändern bei der optischen Signal-
übertragung über einen Lichtwellenleiter"

am 28. November 1997 beim Deutschen Patent- und Markenamt
eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue
Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patent-
anmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vor-
läufig die Symbole H 04 B und H 04 J der Internationalen
Patentklassifikation erhalten.

München, den 26. November 1998
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Wehner

Aktenzeichen: 197 52 982.8

Wehner

This Page Blank (uspto)



Beschreibung

Verfahren und Anordnung zum Korrigieren des Signalpegels mindestens eines von mehreren Übertragungsbändern bei der optischen Signalübertragung über einen Lichtwellenleiter.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Korrigieren des Signalpegels mindestens eines von mehreren Übertragungsbändern nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

10

Bei optischen Übertragungssystemen, die das Wellenlängenmultiplexprinzip (Frequenzmultiplexprinzip) verwenden, tritt aufgrund der stimulierten Ramanstreuung (SRS) der Effekt ein, daß die in "langwelligen" Kanälen übertragenen Signale auf Kosten der in "kurzwelligen" Kanälen übertragenen Signale verstärkt werden; anders ausgedrückt, den kurzwelligen "blauen" Kanälen wird Energie entzogen, sie werden mit abnehmender Wellenlänge (zunehmender Frequenz) stärker gedämpft, während dies den langwelligeren "roten" Kanälen zugute kommt.

15

Je größer die Wellenlängen, desto mehr profitieren die entsprechenden Übertragungskanäle. Entsprechendes gilt für die Spektralanteile von Signalen mit hohen Bitraten.

20

Die Grundlagen der stimulierten Ramanstreuung sind in Nonlinear Fiber Optics, Second Edition, Govind P. Agrawal, Academic Press, Chapter 8, beschrieben.

30

In den Figuren 1 und 2 ist die Auswirkung des SRS-Effekts dargestellt. Das linke Diagramm zeigt einen von der Wellenlänge unabhängigen konstanten Empfangspegel des blauen Übertragungsbandes (Wellenlängenbereichs) λ_b . Im rechten Diagramm ist der Empfangspegel dargestellt, wenn gleichzeitig ein weiterer "roter" Wellenlängenbereich zur optischen Signalübertragung genutzt wird. Je kleiner die Wellenlänge des blauen Übertragungsbandes, desto stärker ist die Dämpfung.

35

In Figur 2 sind die Pegelverhältnisse für das "rote" Übertragungsband λ_R dargestellt. Das linke Diagramm zeigt wieder den linearen Pegelverlauf für den Fall, daß nur in diesem Übertragungsband Signale übertragen werden. Erfolgt zusätzlich
5 eine Übertragung im "blauen" Wellenlängenbereich, wird der Pegel mit zunehmender Wellenlänge mehr angehoben. Dies hängt nur wenig davon ab, ob die Signale in den Übertragungsbändern in gleicher oder entgegengesetzter Richtung übertragen werden (co-propagating waves - counter-propagating waves).

10

In den heute typischen Übertragungssystemen mit zweimal acht Kanälen treten durch den beschriebenen Effekt Zusatzdämpfungen bzw. Verstärkungen in einem Übertragungsabschnitt (ca. 40-80km) zwischen 0,4 bis 0,7 dB auf. Bei Übertragungsstrecken
15 mit bis zu 10 oder mehr Übertragungsabschnitten und entsprechend vielen Zwischenverstärkern summieren sich diese Pegeländerung entsprechend auf. Fällt eines der Übertragungsbänder aus, so ändert sich der Signalpegel auch im intakten Übertragungsband sehr schnell. Die automatische Verstärkungs-
20 regelung auf der Empfangsseite kann üblicherweise diese Pegelschwankungen nicht schnell genug ausgleichen, so daß Fehlerbursts im Millisekundenbereich die Folgen sind.

25

Die Aufgabe besteht daher darin, ein Verfahren und eine Anordnung zur raschen Stabilisierung des Signalpegels im intakten Übertragungsband anzugeben.

30

Diese Aufgabe wird durch das im Patentanspruch 1 beschriebene Verfahren gelöst. In einem unabhängigen Anspruch ist eine geeignete Anordnung angegeben.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

35

Beim Ausfall eines Übertragungsbandes bleibt der Pegel in dem ungestörten Übertragungsband nahezu konstant, weil der Pump-laser entweder als Energielieferant oder als Energieabsorber

eingesetzt wird, der die Wirkung des ausgefallenen Übertragungsbandes kompensiert. Da die zur Kompensation des ausgefallenen Übertragungsbandes benötigte Leistungsänderung des Pumpasers bekannt ist, wird seine Leistung entsprechend sehr
5 schnell geändert, damit möglichst wenig Übertragungsfehler auftreten. Eine exakte Nachregelung ist im allgemeinen nicht erforderlich, kann jedoch zusätzlich vorgesehen werden.

10 Im allgemeinen ergibt sich ein günstigeres Signal-/Geräusch-Verhältnis, wenn der Pumplaser auf der Empfangsseite eingesetzt wird. Hier kann die Steuerung gegebenenfalls auch in den Empfangsverstärker eingreifen, um einen optimalen Pegelverlauf zu erreichen.

15 Um gleichzeitig mit dem Pegel die Verkippung des ungestörten Übertragungsbandes auszugleichen, ist es vorteilhaft, wenn die Frequenz eines im ungestörten Betriebsfall abgeschalteten Pumpasers etwa der Mittenfrequenz des ausgefallenen Übertragungsbandes entspricht.

20 Für optimale Kompensation des ausgefallenen Übertragungsbandes ist es zweckmäßig, mehrere Pumpaser mit unterschiedlichen Wellenlängen unterhalb und oberhalb der Übertragungsbänder zu verwenden. Eine optimale Kompensation ist bereits mit zwei Wellenlängen möglich. Günstig - jedoch oft nicht zu realisieren - ist auch die Verwendung eines Pumpasers, dessen Frequenz zwischen beiden Wellenlängenbereichen liegt, da die Übertragungsbänder dann gleich behandelt werden.

30 Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von Figuren näher beschrieben.

Es zeigen:

35 Figur 3 einen mit einem Pumplaser versehenen Übertragungsabschnitt,

Figur 4 einen Übertragungsabschnitt mit empfangsseitig eingefügtem Pumplaser,

Figur 5 einen Übertragungsabschnitt mit einem sendeseitig und einem empfangsseitig eingefügten Pumplaser,

Figur 6 einen Übertragungsabschnitt mit zwei empfangsseitig eingefügten Pumplasern in einem bevorzugtem Ausführungsbeispiel und

Figur 7 zwei empfangsseitig eingefügte Pumplaser für bidirektionalen Betrieb.

Figur 3 zeigt einen Streckenabschnitt mit einer Sendeeinrichtung S, beispielsweise einem sendeseitigen Verstärker, der ein optisches Signal OS in einen Lichtwellenleiter LW einspeist, einen Lichtwellenleiter LW und eine Empfangseinrichtung R. Das optische Signal besteht aus beispielsweise zweimal acht Kanälen, die in einem blauen Übertragungsband λ_B (1535 bis 1547 nm) und einem roten Übertragungsband λ_R (1550 bis 1562 nm) ausgesendet werden. Auf der Sendeseite ist ein Pumplaser PL1 vorgesehen, der ein Pumpsignal PS mit konstanter Wellenlänge λ_{L1} über einen optischen Koppler K2 in die Faser des Lichtwellenleiters LW schickt. Dies kann sowohl ein langwelliger "roter" Pumplaser sein, dessen Wellenlänge oberhalb der Wellenlänge des "roten" Übertragungsbandes bei ca. 1600 (bis ca. 1630 nm) liegt, als auch ein kurzwelliger "blauer" Pumplaser mit einer Wellenlänge bei 1480 nm (bis ca. 1440 nm).

Die Pumplaser können (zusammen mit geeigneten Filtern oder Verstärkern) sowohl im ungestörten Betrieb zur Kompensation des Ramaneffektes oder sonstiger Nichtlinearitäten als auch bei Ausfall eines Übertragungsbandes zur Kompensation der durch den Ramaneffekt hervorgerufenen Pegeländerung verwendet werden.

Geht man davon aus, daß bei ungestörtem Betrieb der Pumplaser aktiviert, so ist (in der Regel) seine Leistung geringer als die Signalleistung. Wird ein langwelliger Pumplaser verwendet und fällt das rote Band aus, so muß die Pumpleistung erhöht werden, um dem blauen Übertragungsband mehr Energie zu entziehen. Fällt dagegen das blaue Band aus, so muß die Leistung des Pumplasers erniedrigt werden, damit dem "roten" Übertragungsband weniger Energie entzogen wird.

- 10 Bei einem kurzwelligen "blauen" Pumplaser liegen die Verhältnisse genau umgekehrt. Fällt das rote Band aus, so muß die Leistung erniedrigt werden, da dem blauen Übertragungsband bereits weniger Energie entzogen wird. Fällt dagegen das blaue Übertragungsband aus, so muß die Leistung des Pump-
- 15 lasers erhöht werden, um dem roten Übertragungsband die gleiche Energie wie bisher zuzuführen.

- Eine geeignete Steuerung ST muß, um den Ausfall des Übertragungsbandes oder auch einzelner Kanäle festzustellen, zunächst die Signalpegel beider Übertragungsbänder separat messen. Hierzu werden die übertragenen Signale über einen Meßkoppler K1 und geeignete optische Filter FI1, FI2 Meßeinrichtungen ME zugeführt. Die Werte der gemessenen Signalpegel, beispielsweise der Summenpegel, werden einer Steuereinrichtung SE zugeführt, die die Leistung des Pumposzillators entsprechend der Änderung nachsteuert.

- Der Pumplaser, der erst im Störfall Pumpleistung einkoppelt, kann auch auf der mittleren Frequenz des ausgefallenen Übertragungsbandes arbeiten, um eine optimale Kompensation zu ermöglichen.

- In Figur 4 ist ein Pumplaser PL2 mit den zugehörigen Kopplern K3 und K4 sowie der Steuerung ST auf der Empfangsseite angeordnet. Diese Anordnung ist wegen des günstigeren Rauschverhalten vorzuziehen. Die Steuerung ST kann außerdem in Verstärkerstufen V und ein Dämpfungsglied D des Empfangsteils R

eingreifen und die gesamte Verstärkung/Dämpfung sowie die Verkipfung optimieren.

5 In Figur 5 ist ein Streckenabschnitt dargestellt, in den sendeseitig ein erster Pumplaser PL1 und empfangsseitig ein zweiter Pumplaser PL2 Pumpsignale mit der gleichen Wellenlänge λ_{L1} über Koppler K2 bzw. K3 einspeisen. Hierdurch können schwächere Pumplaser verwendet werden. Durch den sendeseitigen Laser erfolgt auch eine schnellere Reaktion auf das
10 ausgefallene Signal. Auch können Pumplaser mit unterschiedlichen Wellenlängen verwendet werden, um eine bessere Kompensation für das ausgefallene Signal zu erhalten.

15 In dieser und in den weiteren Figuren wird auf die Darstellung von Einzelheiten wie der Steuerung und der Messkoppler verzichtet.

In Figur 6 erfolgt die Einspeisung von Pumpsignalen PS2, PS3
20 mit verschiedenen Wellenlängen λ_{L2} , λ_{L3} durch zwei empfangsseitig angeordneten Pumplaser PL2, PL3 über einen entsprechenden Koppler K5. Hierdurch können die Leistungen der Laser kleiner sein können. Durch eine Kombination eines geeigneten roten und eines blauen Pumplasers kann sowohl die Verkipfung
25 als auch die Pegeländerung optimal korrigiert werden. Prinzipiell kann eine bessere Kompensation auch durch zwei rote oder zwei blaue Pumplaser mit unterschiedlichen Pumpfrequenzen erreicht werden.

30 Pumpsignale mit den entsprechenden Wellenlängen können zusätzlich sendeseitig in einer entsprechenden Kompensationseinheit KE eingespeist werden. Dann ist es beispielsweise auch möglich, die sendeseitige Kompensationseinheit mit einer Steuerung und die empfangsseitigen Pumplaser mit einer Regelung auszustatten.
35

Natürlich können prinzipiell auch mehr als zwei Pumplaser verwendet werden. Ebenso kann das Verfahren auch bei mehr als zwei Übertragungsbändern angewendet werden.

- 5 Figur 7 zeigt einen Übertragungsabschnitt für bidirektionalen Betrieb. Die Signale für unterschiedliche Übertragungsrichtungen werden durch Weichen W getrennt. Zwei Pumplaser PL2 und PL3 (oder auch jeweils zwei) speisen an beiden Enden des Übertragungsabschnittes Pumpsignale PS2 und PS3 ein, um für
10 jedes empfangene Signal eine optimale Kompensation zu erzielen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Korrigieren des Signalpegels mindestens
eines von mehreren Übertragungsbändern (λ_B , λ_R) bei der die
5 optischen Signalübertragung über einen Lichtwellenleiter
(LW),
dadurch gekennzeichnet,
daß mindestens ein Pumpsignal (PS1) in den Lichtwellenleiter
(LW) eines Übertragungsabschnitts (S, LW, R) eingespeist
10 wird,
daß die Signalpegel in den Übertragungsbändern (λ_B , λ_R) ge-
messen werden und
daß bei einer Änderung mindestens eines der Signalpegel der
Pumplaser (PL1) so nachgesteuert wird, daß der Signalpegel
15 (P_R) des ungestörten Übertragungsbandes (λ_R) auf dem emp-
fangsseitigen Ende des Übertragungsabschnittes (S, LW, R) zu-
mindest nahezu konstant bleibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
20 dadurch gekennzeichnet,
daß insgesamt mindestens zwei Pumpsignale (PS1, PS2) am sen-
deseitigen oder/und am empfangsseitigen Ende des Übertra-
gungsabschnittes eingespeist (S, LW, R) werden.

25 3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß bei bidirektionaler Übertragung Pumpsignale (PS1, PS2) an
beiden Enden des Übertragungsabschnittes (S, LW, R) einge-
speist werden.

30 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß mindestens zwei Pumplaser (PL2, PL3) Pumpsignale (PS2,
PS3) mit unterschiedlichen Pumpwellenlängen (λ_{L2} , λ_{L3}) ein-
35 speisen.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

5 daß die Pumpwellenlänge (λ_{L1} , λ_{L2}) eines zur Kompensation
eines ausgefallenen Übertragungsbandes verwendeten Pumplasers
(PL1, PL2) etwa dessen mittlerer Wellenlänge entspricht.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

10 daß im ungestörten Betriebsfall die Verkippung der Übertra-
gungsbänder empfangsseitig minimiert wird und eine Störung
eines Übertragungsbandes durch mindestens zwei Pumplaser
(PL1, PL2; PL2, PL3) mit unterschiedlichen Wellenlängen (λ_{L1} ,
 λ_{L2} , λ_{L3}) kompensiert wird.

15

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß langsame Änderungen des Signalpegels und der Verkippung
ausgeregelt werden.

20

8. Anordnung zum Korrigieren des Signalpegels mindestens
eines von mehreren Übertragungsbändern (λ_B , λ_R) bei der op-
tischen Signalübertragung über einen Lichtwellenleiter (LW),
dadurch gekennzeichnet,

daß in einen Übertragungsabschnitt (S, LW, R) mindestens ein
Pumplaser (PL1, PL2) eingefügt ist,

daß eine Steuerung (ST) vorgesehen ist, die die in den Über-
tragungsbändern (λ_B , λ_R) übertragenen Signalpegel separat
mißt und bei einer Änderung mindestens eines der Signalpegel

30

den Pumplaser (PL1, PL2) so nachsteuert, daß der Pegel (PR)
und die Verkippung im ungestörten Übertragungsband (λ_R) emp-
fangsseitig etwa konstant bleibt.

9. Anordnung nach Anspruch 6 und Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Steuerung (ST) zusätzlich den Verstärker (V, D, V)
5 des Sendeteils (S) und/oder des Empfangsteils (R) steuert.

10. Anspruch nach einem der Ansprüche 8 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Steuerung (ST) eine zusätzliche Regelkomponente auf-
10 weist, die langsame Änderungen des Signalpegels ausregelt.

Zusammenfassung

Verfahren und Anordnung zum Korrigieren des Signalpegels mindestens eines von mehreren Übertragungsbändern, die zur optischen Signalübertragung genutzt werden.

Bei der Übertragung von optischen Signalen in mehreren Übertragungsbändern werden die Pegel der Übertragungsbänder (λ_s , λ_r) überwacht und bei Ausfall der Signale in einem der Übertragungsbänder ein Pumplaser (PL1) so gesteuert, daß der Pegel im ungestörten Übertragungsband zumindest nahezu unverändert bleibt.

Figur 1

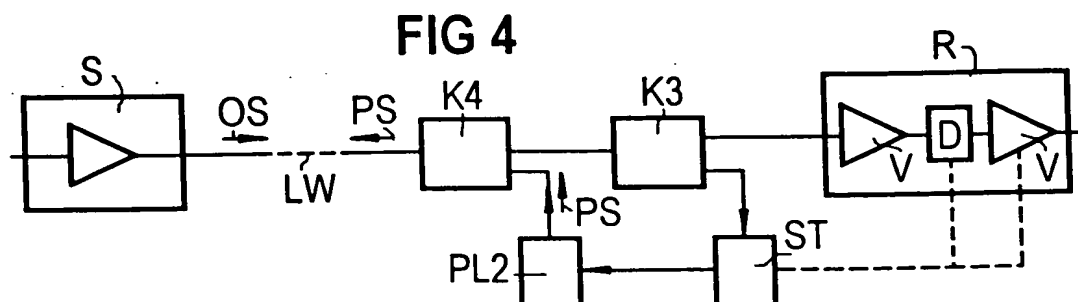
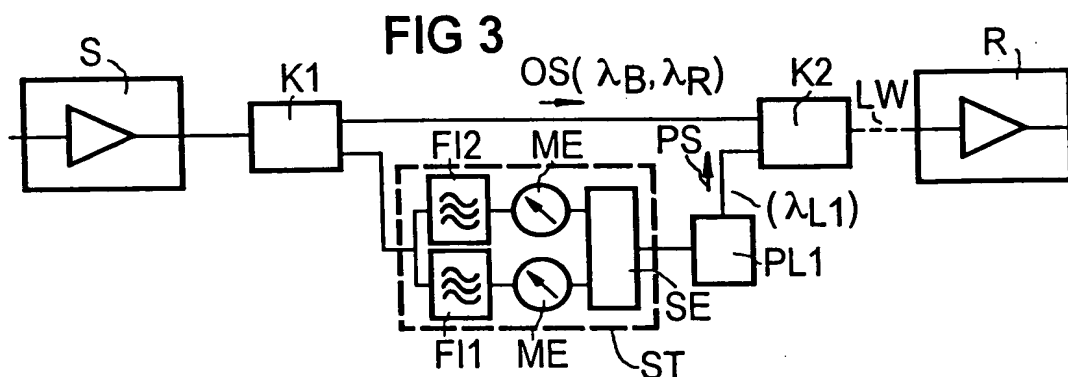


FIG 5

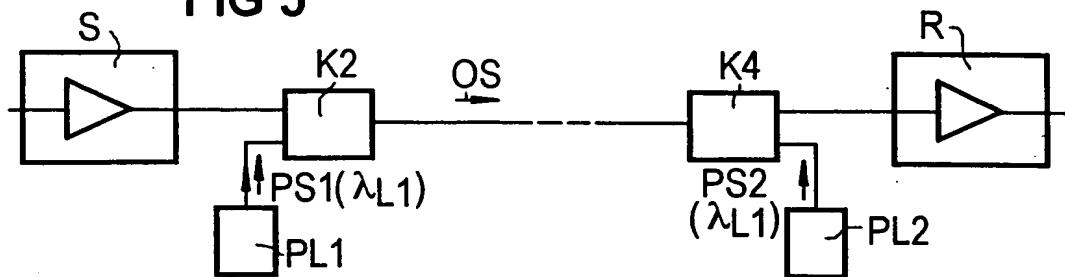


FIG 6

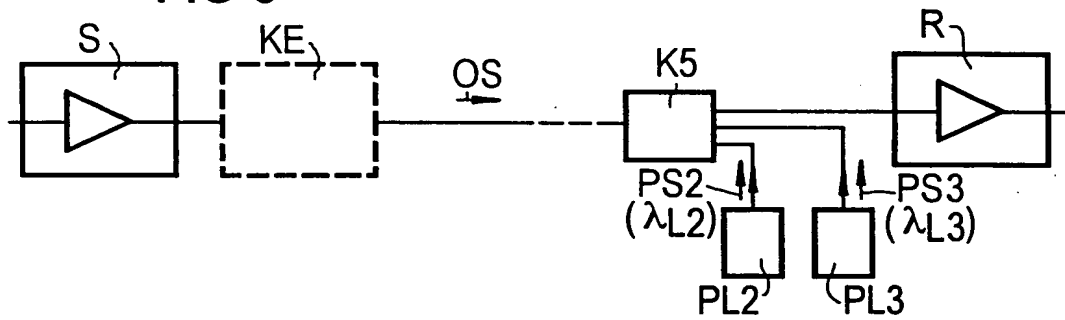
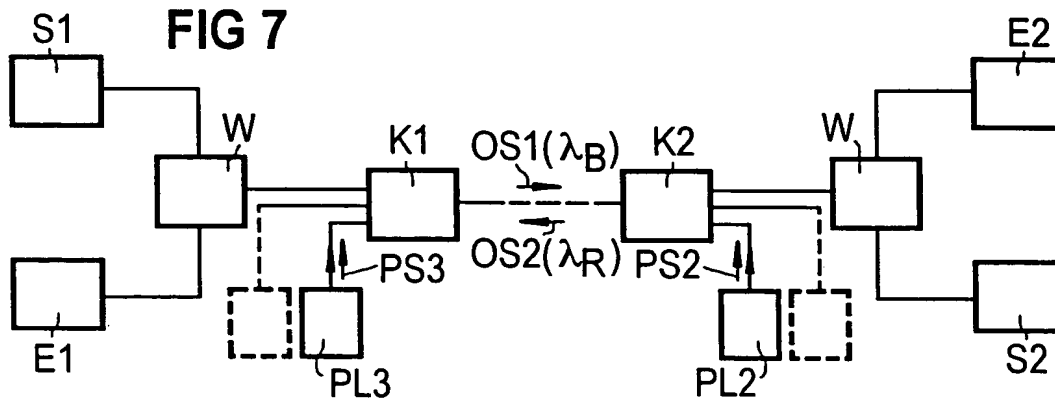


FIG 7



This Page Blank (uspto,